

## 2. Meiningener Energiekonferenz

# Das Energiesystem Deutschlands im Jahr 2050 und die Konsequenzen für die Thüringer Energiepolitik

Prof. Dr.-Ing. Viktor Wesselak  
Institut für Regenerative Energietechnik (in.RET)

## Übersicht

Studie zur Struktur der deutschen  
Energieversorgung im Jahr 2050

Modell REMod-D

Eigenforschung des Fh-ISE

Veröffentlicht 11/2013

Umsetzung der energiepolitischen  
Ziele der Bundesregierung

- Atomausstieg
- Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR SOLARE ENERGIESYSTEME ISE

### **ENERGIESYSTEM DEUTSCHLAND 2050**

Sektor- und Energieträgerübergreifende, modellbasierte,  
ganzheitliche Untersuchung zur langfristigen Reduktion energie-  
bedingter CO<sub>2</sub>-Emissionen durch Energieeffizienz und den Einsatz  
Erneuerbarer Energien

## Rahmenbedingungen - allgemein

Vernetzung der Sektoren Strom, Wärme und Mobilität (Traktion)

Kostenoptimale Erzeuger- und Speicherinfrastruktur

Erzeuger- und Verbraucherjahreslastgänge auf Stundenbasis

keine Berücksichtigung eines Energieaustausches über die Landesgrenzen

## Rahmenbedingungen - Strom

Reduktion des nicht zu Wärmebereitstellung und Traktion genutzten Strombedarfs um 25% (Effizienzziel der Bundesregierung)

Berücksichtigung des 2050 noch am Netz befindlichen fossilen Kraftwerksparks

Regelfähigkeit Steinkohlekraftwerke 40-100%  $P_{\text{Nenn}}$   
Braunkohlekraftwerke 50-100%  $P_{\text{Nenn}}$

Potential Windkraft: 38-50 GW (offshore), 150-180 GW (onshore)

Potential Photovoltaik: 2800 km<sup>2</sup> [bei 10 m<sup>2</sup>/kW<sub>p</sub> 280 GW]

## Rahmenbedingungen - Wärme

Gleichbleibender Prozesswärmebedarf in Industrie und Gewerbe

Wärmebedarfs für Raumheizung ist Optimierungsparameter  
(hier wurde eine notwendige Reduktion von 60% angesetzt)

Anteil von Erdgas in KWK abhängig von den noch zur Verfügung  
stehenden CO<sub>2</sub>-Emissionen

Potential Biomasse: 335 TWh/a - Einsatz überwiegend für Hoch-  
temperaturanwendungen in der Industrie

Potential Solarthermie: 25 TWh/a allein in der Prozesswärme  
60 TWh/a im Bereich Raumwärme/TWE

## Rahmenbedingungen - Mobilität

Gleichbleibende Traktionsleistung von 137 TWh/a (mechanische Nutzenergie)

Anteil von fossilen Treibstoffen variabel  
(hier wurde 40% der Traktionsleistung angenommen - das entspricht dem Schwerlast- und Flugverkehr)

Aufteilung auf Wasserstoff- und Elektromobilität variabel  
(hier wurde eine gleichmäßige Aufteilung auf jeweils 30% der Traktionsleistung angesetzt)

## Rahmenbedingungen - Speicher

Berücksichtigung der gegenwärtig gebauten/geplanten  
Pumpspeicherkraftwerke 10 GW / 60 GWh

Keine aktive Beteiligung der dezentralen Speicher im  
Mobilitätsbereich

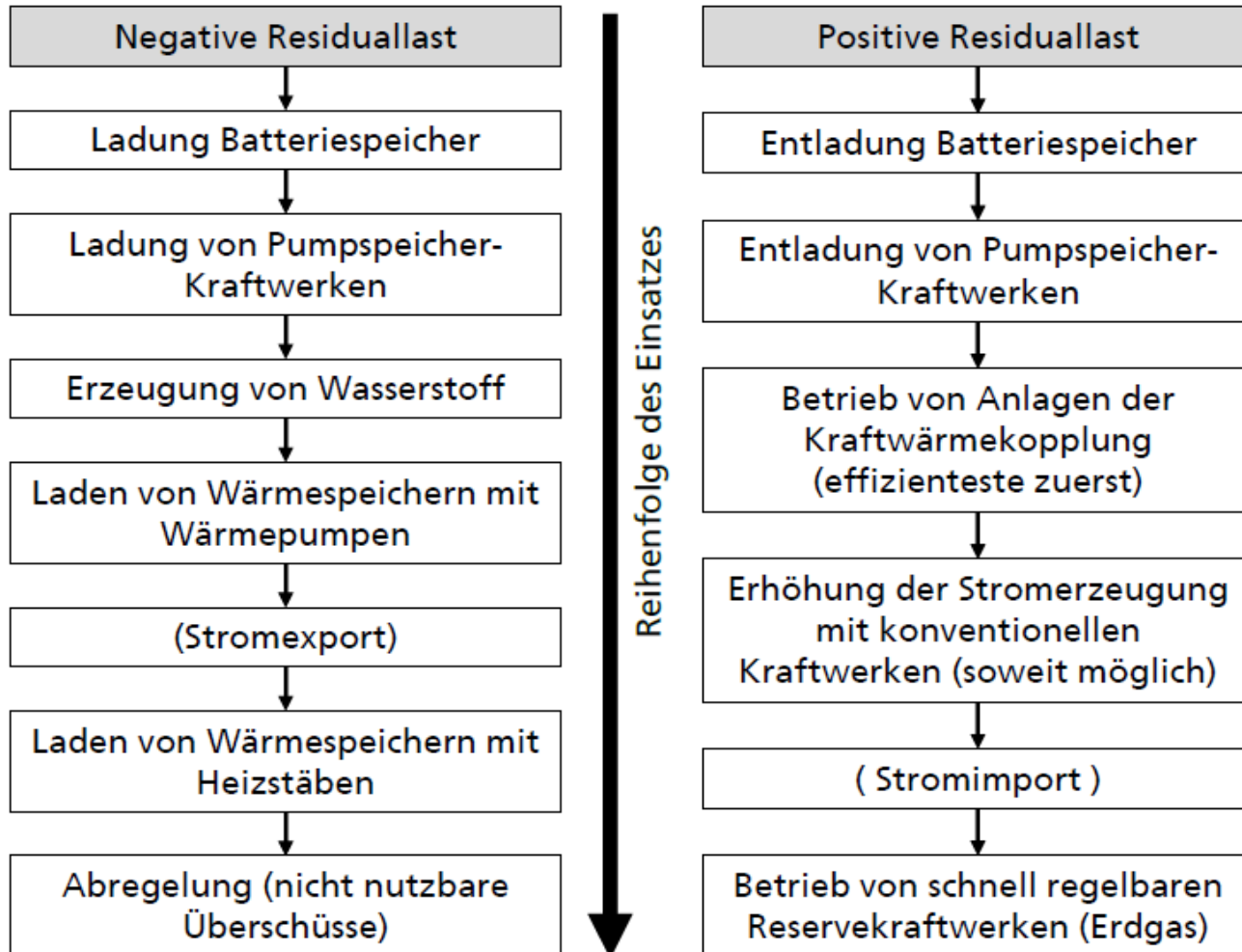
Zusätzliche Nutzung von Power-to-Gas (hier nicht benötigt)

Zusätzliche Nutzung elektrochemischer Speicher

Zusätzliche Nutzung dezentraler thermischer Speicher

Strategisches Speichermanagement bei neg./pos. elektrischer  
Residuallast (siehe Folie 8)

# Rahmenbedingungen - Speicher





# Rahmenbedingungen - Optimierung

## Übersicht über den Optimierungsprozess

### Exogene Vorgaben

CO<sub>2</sub>-Emissionen →  
verfügbare Menge  
fossiler Energieträger

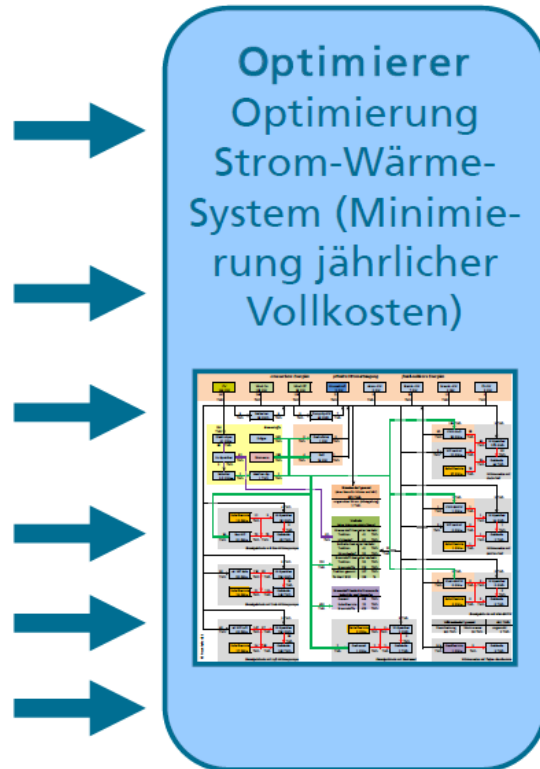
Strombedarf (ohne Strom  
für MIV und Wärme)

Prozesswärmebedarf  
Industrieprozesse

Energiebedarf Verkehr

Verfügbare Biomasse

Inst. Leistung  
konventioneller KW



### Ergebnisse

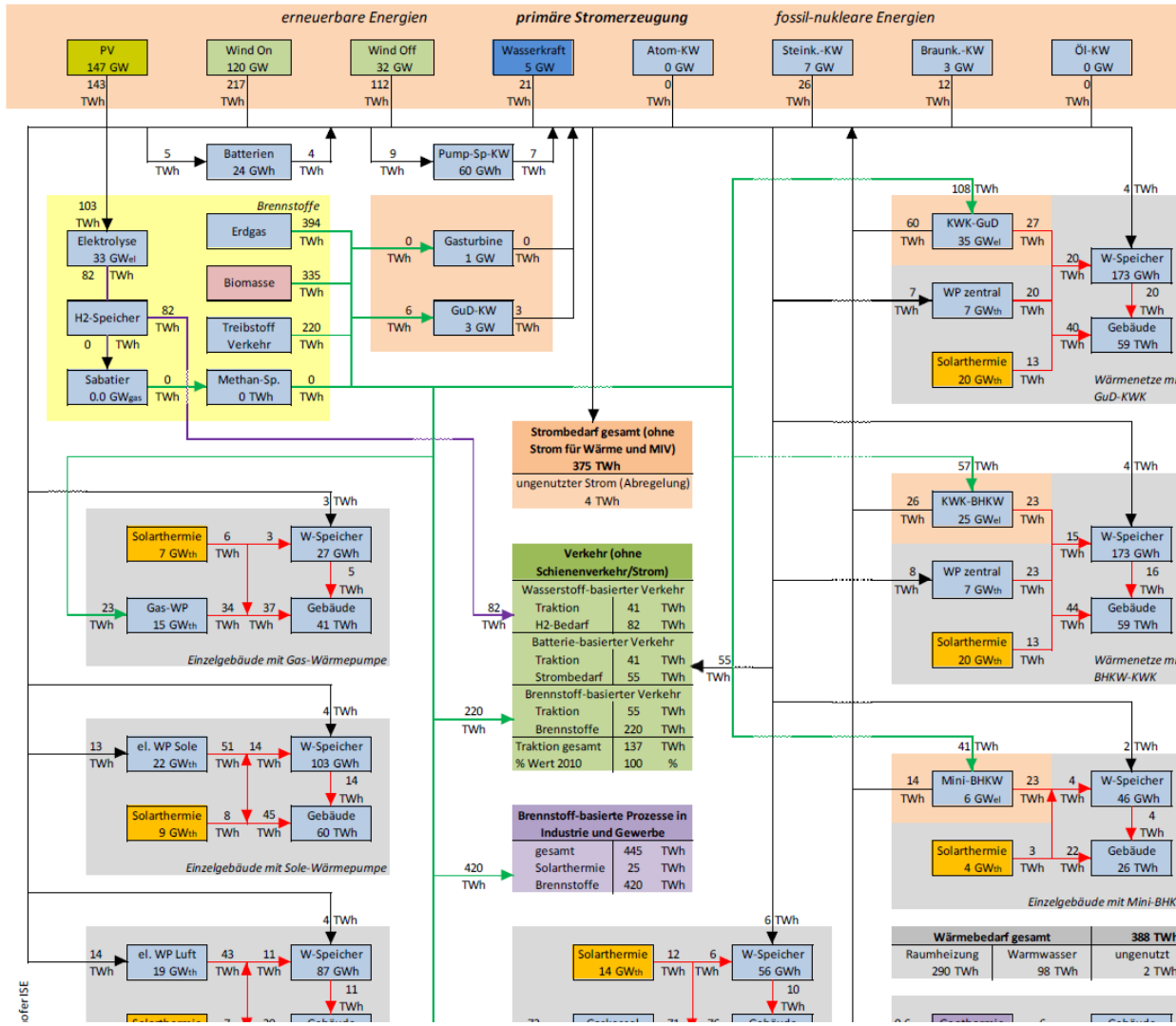
Installierte Leistung  
aller Komponenten

Größe Speicher

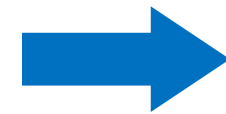
Umfang  
energetische  
Sanierung Gebäude

Wärmeversorgungs-  
techniken Gebäude-  
sektor (Wärme-  
netze, dezentral)

# Ergebnisse



Ergebnisse  
im Detail



# Ergebnisse - Strom

## Brutto-Stromerzeugung

Typ	TWh	%	Technik	TWh	%
<b>Fluktuierende Erneuerbare Energien</b>	492.9	77.7%	PV	143.4	22.6%
			Wind Onshore	216.7	34.2%
			Wind Offshore	111.7	17.6%
			Wasserkraft	21.0	3.3%
<b>Kraft-Wärme-Kopplung</b>	99.7	15.7%	Klein-BHKW	14.4	2.3%
			KWK, groß	59.6	9.4%
			KWK, mittel	25.7	4.1%
<b>Konventionelle Kraftwerke</b>	41.7	6.6%	Steinkohle	25.8	4.1%
			Braunkohle	12.5	2.0%
			GuD	3.4	0.5%

## Ergebnisse - Strom

### Netto-Stromverbrauch

	TWh	%		TWh	%
<b>Klassische Last</b>	375.1	62.3%	Beleuchtung, mechanische Energien usw.	375.1	62.3%
<b>Wärme</b>	69.2	11.5%	Elektrische Wärmepumpen	41.9	7.0%
			Heizstäbe	27.3	4.5%
<b>Verkehr</b>	157.8	26.2%	Wasserstoffherzeugung	103.0	17.1%
			Fahrzeugbatterien	54.9	9.1%

## Ergebnisse - Wärmebereitstellung

	TWh	%		TWh	%
<b>Solarthermie</b>	87.2	20.1%	Solarthermie dezentral	36.1	8.3%
			Solarthermie zentral	26.2	6.0%
			Solarthermie Prozesse	25.0	5.7%
<b>Kraft-Wärme-Kopplung</b>	72.5	16.7%	BHKW, dezentral	22.6	5.2%
			KWK, groß	27.1	6.2%
			KWK, mittel	22.8	5.2%
<b>Wärmepumpen</b>	171.1	39.4%	Wärmepumpen, Netze	43.2	9.9%
			Wärmepumpe, Luft	42.9	9.9%
			Wärmepumpe, Sole	51.1	11.8%
			Gas-Wärmepumpe	33.9	7.8%
<b>Heizstäbe</b>	27.3	6.3%	Heizstäbe	27.3	6.3%
<b>Heizkessel</b>	70.5	16.2%	Heizkessel	70.5	16.2%
<b>Geothermie</b>	6.3	1.4%	Tiefengeothermie	6.3	1.4%

# Konsequenzen für die Thüringer Energiepolitik

## Ausbau Erneuerbarer Energien im Strombereich bis 2050

Installierte Leistung Windkraft in D: 120 GW (2016: 45 GW)

flächenbezogener Anteil für T: 5,4 GW (2015: 1,2 GW)

Flächenbedarf bei 300 kW/ha: 1,2 % der Landesfläche

Installierte Leistung Photovoltaik in D: 147 GW (2016: 40 GW)

flächenbezogener Anteil für T: 6,5 GW (2015: 1,2 GW)

Flächenbedarf bei 1 MW/ha: 0,8 % der Landesfläche

# Konsequenzen für die Thüringer Energiepolitik

## Ausbau Erneuerbarer Energien im Strombereich bis 2050

Installierte Leistung Windkraft in D:	120 GW (2016: 27 GW)
flächenbezogener Anteil für T:	5,4 GW/ha
Flächenbedarf bei 300 kW/ha:	1,2 %
Installierte Leistung Photovoltaik in D:	147 GW (2016: 27 GW)
flächenbezogener Anteil für T:	6,5 GW/ha
Flächenbedarf bei 1 MW/ha:	0,8 %

**Faktor 4,5**  
**120 MW/a**

**Faktor 5,4**  
**150 MW/a**

# Konsequenzen für die Thüringer Energiepolitik

## Energieeffizienz im Wärmebereich

Notwendige Reduktion des Wärmebedarfs: 60 % (2050)  
Notwendige Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen: 40 % (2030)

## Ausbau Erneuerbarer Energien im Wärmebereich

Wärme aus Solarthermie in D: 87 TWh (2015: 7,5 TWh)  
    bevölkerungsbez. Anteil für T: 2,2 TWh (2014: 0,2 TWh)

Wärme aus Umwelt-/Erdwärme in D: 137 TWh (2016: 40 GW)  
    bevölkerungsbez. Anteil für T: 3,4 TWh (2014: 0,3 TWh)



# Konsequenzen für die Thüringer Energiepolitik

## Energieeffizienz im Wärmebereich

Notwendige Reduktion des Wärmebedarfs: 60 % (2050)  
 Notwendige Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen: 40 % (2030)

## Ausbau Erneuerbarer Energien im Wärmebereich

Wärme aus Solarthermie in D:	87 TWh	<b>Faktor 11</b> <b>140.000 m<sup>2</sup>/a</b>
bevölkerungsbez. Anteil für T:	2,2 TWh (2016: 0,2 TWh)	
Wärme aus Umwelt-/Erdwärme in D:	137 TWh (2016: 40 TWh)	<b>Faktor 11</b>
bevölkerungsbez. Anteil für T:	3,4 TWh (2016: 0,3 TWh)	

## Zusammenfassung

Die Studie zeigt eine mögliche energetische Zukunft unter Einhaltung der Klimaschutzziele auf.

Der verbleibende Anteil fossiler Energieträger wird strategisch genutzt (Regelenergie + Mobilitätsbereich).

Die zur Verfügung stehende Biomasse wird strategisch genutzt.

Die Residuallast wird durch ein strategisches Speichermanagement mit einer zentralisierten Steuerung gedeckt.

Power-to-Gas als saisonale Speicheroption ist u.U. verzichtbar.

Der Ausbau Erneuerbarer Energien in Thüringen muss unvermindert weitergehen.

Im Wärmebereich droht Thüringen den Anschluss zu verlieren.